

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-354409

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

(21)Application number : 10-160510

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 09.06.1998

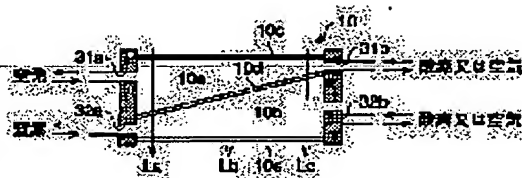
(72)Inventor : SHIOZAWA TAKANAGA

(54) ILLUMINATOR, PROJECTION ALIGNER PROVIDED THERE WITH, AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve a uniform illuminance distribution by suppressing uneven illumination on an exposed surface, so as to sufficiently cope with required delicate micro-machining.

SOLUTION: A illuminator is provided with a correction optical system 10 in addition to various kinds of optical systems which are the components of a stepper. When, for example, the nitrogen in a room 10b is partially replaced with oxygen, light absorption occurs in the room 10b as luminous fluxes La, Lb, and Lc pass through the room 10b. Since the distances of the fluxes La, Lb, and Lc when they pass through the room 10b are $L_a < L_b < L_c$, the absorbed amounts of the fluxes La, Lb, Lc become different from each other and the illuminance distribution on the light emitting surface of the correction optical system 10 shows a descending distribution towards right side. A uniform illuminance distribution is obtained by changing the oxygen concentration of the optical system 10 or the wavelength of a light source, so that the uneven illuminance on the surface of a wafer which is a surface to be irradiated may be offset by utilizing this nature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354409

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	P I	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 6 F
G 0 3 F 7/20	5 0 2	G 0 3 F 7/20	5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-180510

(22) 出願日 平成10年(1998)6月9日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 植野 鉄水

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

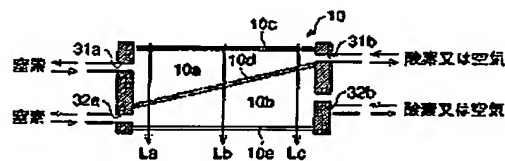
(74) 代理人 弁理士 國分 孝悦

(54) 【発明の名称】 照明装置、これを備えた投影露光装置、及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 露光面における照度ムラを小さく抑えて均一な照度分布を達成し、要求される精緻な微細加工に十分に対応する。

【解決手段】 ステッパーの構成要素である各種光学系に加え、補正光学系10を設ける。例えば、部屋10bの窒素を一部酸素に置換すると、部屋10bを光束が通過することにより光吸収が発生する。部屋10bを通過する際の光束 L_a 、 L_b 、 L_c の距離は $L_a < L_b < L_c$ であるため、各々吸収される量に差異が生じ、補正光学系10の光射出面での照度分布は右肩下がりの分布になる。この性質を利用し、被照射面であるウェハ13表面の照度ムラが相殺されるように補正光学系10の酸素濃度や光源1の波長を変化させ、均一な照度分布を得る。



(2)

特開平11-354409

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光を被照射面に照射する照明装置において、前記照明光の通過する位置によって光路長が異なる密閉空間を有しており、前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記被照射面上の照度分布情報を得る手段を有しており、

前記手段によって得られた前記照度分布情報に基づいて、前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を変化させることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 前記密閉空間内の流体が所定波長の前記照明光を吸収する性質を持つ気体であることを特徴とする請求項1又は2に記載の照明装置。

【請求項4】 前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項5】 照明光を被照射面に照射する照明装置において、前記照明光の波長を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする照明装置。

【請求項6】 前記被照射面上の照度分布情報を得て、当該照度分布情報に基づいて前記被照射面上の照度分布を所望状態に調整することを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項7】 照明光を被照射面に照射する照明装置において、前記照明光の光路に存する流体の状態を変化させることにより、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする照明装置。

【請求項8】 前記被照射面上の照度分布情報を得て、当該照度分布情報に基づいて前記被照射面上の照度分布を所望状態に調整することを特徴とする請求項7に記載の照明装置。

【請求項9】 前記流体が所定波長の前記照明光を吸収する性質を持つ気体であることを特徴とする請求項7又は8に記載の照明装置。

【請求項10】 請求項1～9のいずれか1項に記載の照明装置を備え、前記被照射面であるウェハ面に所定パターンを投影し露光を行うことを特徴とする投影露光装置。

【請求項11】 光源からの光を光学系を通して被照射面に指向する照明装置において、前記被照射面上での照度もしくは照度分布情報に基づいて前記光学系のうち少なくとも一部の光学系内の雰囲気成分の比率を制御することを特徴とする照明装置。

2

【請求項12】 酸素濃度を制御することにより、前記雰囲気成分の比率の制御を行うことを特徴とする請求項11に記載の照明装置。

【請求項13】 前記光源は192nm～194nmの範囲内の波長の光を含むことを特徴とする請求項11又は12に記載の照明装置。

【請求項14】 前記光源はArFエキシマレーザーであることを特徴とする請求項11～13のいずれか1項に記載の照明装置。

10 【請求項15】 前記光源の波長を変換することを特徴とする請求項11～14のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項16】 請求項11～15のいずれか1項に記載の照明装置を備え、前記被照射面であるウェハ面に所定パターンを投影し露光を行うことを特徴とする投影露光装置。

20 【請求項17】 前記ウェハ面上の照度分布情報及び露光量情報に基づいて、前記少なくとも一部の光学系内の酸素濃度を制御することを特徴とする請求項16に記載の投影露光装置。

【請求項18】 照明光を発する光源と、少なくとも内部に前記照明光を吸収する性質を持つ流体が封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系とを備え、

前記照明光の前記吸収率差を利用して、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする照明装置。

30 【請求項19】 前記密閉空間内の前記流体を構成する物質の状態を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする請求項18に記載の照明装置。

【請求項20】 前記照明光の波長を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする請求項18に記載の照明装置。

【請求項21】 前記光学系は、前記照明光を被照射面へ指向させるレンズ群と、前記密閉空間を有し、前記レンズ群と独立に配されてなる補正光学系とを備えることを特徴とする請求項18～20のいずれか1項に記載の照明装置。

40 【請求項22】 前記光学系は、前記照明光を被照射面へ指向させるレンズ群を備え、当該レンズ群を構成する所定のレンズ間に前記密閉空間が形成されていることを特徴とする請求項18～20のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項23】 前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、

50 前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光学系を制御して前記密閉空間内の前記流体を構成する物質の状態を変化させる補正手段とを更に備えることを特

(3)

特開平11-354409

3

微とする請求項19に記載の照明装置。

【請求項24】 前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、

前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させる補正手段とを更に備えることを特徴とする請求項20に記載の照明装置。

【請求項25】 前記流体が酸素を含む混合気体であり、酸素濃度を変化させることにより前記被照射面上の照度分布を調整することを特徴とする請求項18～24のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項26】 前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させ得ることを特徴とする請求項18～25のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項27】 照明光を発する光源と、
少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、
前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、
前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記密閉空間内の前記気体の濃度を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備えることを特徴とする照明装置。

【請求項28】 照明光を発する光源と、
少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、
前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、
前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備えることを特徴とする照明装置。

【請求項29】 照明光を発する光源と、
少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、
前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、
前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記密閉空間内の前記気体の濃度を変化させるとともに、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備えることを特徴とする照明装置。

【請求項30】 前記密閉空間は、前記照明光を吸収す

4

る性質を持つ気体を含む複数種類の気体が内部に封入されるように構成されていることを特徴とする請求項27～29のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項31】 前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させ得ることを特徴とする請求項27～30のいずれか1項に記載の照明装置。

【請求項32】 被照射面であるウェハ面に所定パターンの露光を行う投影露光装置において、

前記所定パターンの相似パターンが形成されてなるレチクルに照明光を照射する請求項18～31のいずれか1項に記載の照明装置と、

前記レチクルの前記相似パターンを前記所定パターンとなるように前記ウェハ面に投影する投影光学系とを備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項33】 ウェハ面に感光材料を塗布するステップと、

請求項10、16、17及び32のいずれか1項に記載の投影露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記ウェハ面に所定パターンの露光を行うステップと、
前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像するステップとを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は照明装置及びそれを備えた投影露光装置に関し、特にICやLSI等の半導体デバイスやCCD等の撮像デバイス、液晶パネル等の表示デバイス、磁気ヘッド等の各種デバイスを製造するために使用される照明装置、これを備えた投影露光装置、及び半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ICやLSI等の半導体素子の更なる微細化・高集積化が進行しており、それに伴って当該半導体素子の製造に用いられる投影露光装置には、ウェハ面上での最小線幅が0.2μm以下という極めて高い光学性能が要求されている。

【0003】一般に、レチクル面上の回路パターンを投影光学系を介してウェハ面（投影面）上に投影する際には、回路パターンの解像線幅は使用する光源の波長や投影光学系のNA（開口数）等と共に被投影面上における照度分布の均一性の良否が露光結果に大きく影響している。

【0004】特に、最小線幅が0.2μm以下ということになると、光源としては短波長のArFエキシマレーザー（波長約193nm）などが候補に挙げられており、被投影面上での照度分布の均一性としては照度ムラが約1%程度以内にあることが要望されている。

【0005】図13は、従来の投影露光装置の光学系の一例を示す要部概略図である。同図において、光源71

(4)

特開平11-354409

6

からの照明光は、光学系72により集光し、複数の微小レンズを2次元的に配列したオブティカルインテグレート73の入射面73aに入射する。そして、オブティカルインテグレート73の射出面73bに複数の2次光源が形成される。射出面73bに形成された複数の2次光源からの照明光は、各々コンデンサーレンズ74で集光し、重なり合って面75を照明する。

【0006】面75上には、所定の回路パターンが形成されたレチクルRが配置されており、レチクルR面上の回路パターンが投影レンズ76によりウェハWの被投影面77上に投影結像する。このとき、コンデンサーレンズ74により、オブティカルインテグレート73の射出面73bの2次光源が投影レンズ76の瞳76a近傍に形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のような構成を採った場合、オブティカルインテグレート73を構成する各微小レンズの入射面での照度分布が被投影面77上で重なり合って被投影面77が照明されるため、被投影面77上の照度分布としては照度ムラが数%~10%程度の均一性が達成される。しかしながら、オブティカルインテグレート73の寄与のみでは照度ムラ1%以内という要望を満たすのは難しい。

【0008】照度ムラが発生する要因としては、光源分布形状や光源・光学系の偏心、コーティングのムラ・膜厚誤差、折り曲げミラーやハーフミラーによる透過率差、光学系内のゴミ・汚れ等の様々なものが考えられる。

【0009】そこで、従来の投影露光装置では、軸上に対する周辺部の照度の比率を変えるために、歪曲収差（ディストーション）の異なる複数のコンデンサーレンズを用意して、各投影露光装置毎に最適なコンデンサーレンズを選択して使用したり、コンデンサーレンズをズームレンズから構成し、場合に応じて最適な照度ムラになるように調整したり、照度ムラの傾斜成分（傾きムラ：左に対して右が高い等のムラ）を調整する手段として光源や光学系の位置を調整したりしていた。

【0010】しかしながら、これらの調整法は光学系自体の収差や偏心を利用したものであり、照度ムラを調整することにより、被投影面での結像性能が変わってしまうという致命的な欠点があった。

【0011】本発明の目的は、光学系の偏心等を行うことなく、被照射面（被投影面）における照度ムラを小さく抑えて均一な照度分布を達成することができる照明装置を提供することにある。

【0012】また、本発明の目的は、前記照明装置を備え、露光面における照度ムラを小さく抑えて均一な照度分布を達成し、要求される精緻な微細加工に十分に対応することを可能とする投影露光装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の照明装置は、照明光を被照射面に照射する照明装置であって、前記照明光の通過する位置によって光路長が異なる密閉空間を有しており、前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0014】本発明の照明装置の一態様例は、前記被照射面上の照度分布情報を得る手段を有しており、前記手段によって得られた前記照度分布情報に基づいて、前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を変化させる。

【0015】本発明の照明装置の一態様例においては、前記密閉空間内の流体が所定波長の前記照明光を吸収する性質を持つ気体である。

【0016】本発明の照明装置の一態様例は、前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させ得る。

【0017】本発明の照明装置は、照明光を被照射面に照射する照明装置であって、前記照明光の波長を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0018】本発明の照明装置の一態様例においては、前記被照射面上の照度分布情報を得て、当該照度分布情報に基づいて前記被照射面上の照度分布を所望状態に調整する。

【0019】本発明の照明装置は、照明光を被照射面に照射する照明装置であって、前記照明光の光路に存する流体の状態を変化させることにより、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0020】本発明の照明装置の一態様例においては、前記被照射面上の照度分布情報を得て、当該照度分布情報に基づいて前記被照射面上の照度分布を所望状態に調整する。

【0021】本発明の照明装置の一態様例においては、前記流体が所定波長の前記照明光を吸収する性質を持つ気体である。

【0022】本発明の投影露光装置は、前記照明装置を備え、前記被照射面であるウェハ面に所定パターンを投影し露光を行うものである。

【0023】本発明の照明装置は、光源からの光を光学系を通して被照射面に指向する照明装置であって、前記被照射面上での照度もしくは照度分布情報に基づいて前記光学系のうち少なくとも一部の光学系内の雰囲気成分の比率を制御する。

【0024】本発明の照明装置の一態様例においては、酸素濃度を制御することにより、前記雰囲気成分の比率の制御する。

【0025】本発明の照明装置の一態様例においては、前記光源は192nm~194nm範囲内の波長の光を含む。

(5)

特開平11-354409

7

8

【0026】本発明の照明装置の一態様例においては、前記光源はA r fエキシマレーザーである。

【0027】本発明の照明装置の一態様例においては、前記光源の波長を可変とする。

【0028】本発明の投影露光装置は、前記照明装置を備え、前記被照射面であるウェハ面に所定パターンを投影し露光を行う。

【0029】本発明の投影露光装置の一態様例においては、前記ウェハ面上の照度分布情報及び露光量情報に基づいて、前記少なくとも一部の光学系内の露光強度を制御する。

【0030】本発明の照明装置は、照明光を発する光源と、少なくとも内部に前記照明光を吸収する性質を持つ流体が封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系とを備え、前記照明光の前記吸収率差を利用して、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0031】本発明の照明装置の一態様例においては、前記密閉空間内の前記流体を構成する物質の状態を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0032】本発明の照明装置の一態様例においては、前記照明光の波長を変化させることによって、前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0033】本発明の照明装置の一態様例においては、前記光学系が、前記照明光を被照射面へ指向させるレンズ群と、前記密閉空間を有し、前記レンズ群と独立に配されてなる補正光学系とを備える。

【0034】本発明の照明装置の一態様例においては、前記光学系が、前記照明光を被照射面へ指向させるレンズ群を備え、当該レンズ群を構成する所定のレンズ間に前記密閉空間が形成されている。

【0035】本発明の照明装置の一態様例は、前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光学系を制御して前記密閉空間内の前記流体を構成する物質の状態を変化させる補正手段とを更に備える。

【0036】本発明の照明装置の一態様例は、前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させる補正手段とを更に備える。

【0037】本発明の照明装置の一態様例においては、前記流体が酸素を含む混合気体であり、酸素濃度を変化させることにより前記被照射面上の照度分布を調整する。

【0038】本発明の照明装置の一態様例は、前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させ得る。

【0039】本発明の照明装置は、照明光を発する光源と、少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記密閉空間内の前記気体の濃度を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備える。

【0040】本発明の照明装置は、照明光を発する光源と、少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備える。

【0041】本発明の照明装置は、照明光を発する光源と、少なくとも前記照明光を吸収する性質を持つ気体が内部に封入され前記照明光の通過する位置により前記照明光の吸収率が異なるように構成された密閉空間を有し、この密閉空間を介して前記照明光を被照射面へ指向させる光学系と、前記被照射面上の照度分布情報を検出する検出手段と、前記検出手段からの前記照度分布情報に応じて、前記密閉空間内の前記気体の濃度を変化させるとともに、前記光源を制御して前記照明光の波長を変化させ、前記被照射面上の照度分布を調整する補正手段とを備える。

【0042】本発明の照明装置の一態様例においては、前記密閉空間が、前記照明光を吸収する性質を持つ気体を含む複数種類の気体が内部に封入されるように構成されている。

【0043】本発明の照明装置の一態様例は、前記密閉空間を複数有し、各々の前記密閉空間内の流体を構成する物質の状態を独立して変化させ得る。

【0044】本発明の投影露光装置は、被照射面であるウェハ面に所定パターンの露光を行う投影露光装置であって、前記所定パターンの相似パターンが形成されてなるレチクルに照明光を照射するための前記照明装置と、前記レチクルの前記相似パターンを前記所定パターンとなるように前記ウェハ面に投影する投影光学系とを備える。

【0045】本発明の半導体装置の製造方法は、ウェハ面に感光材料を塗布するステップと、前記投影露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記ウェハ面に所定パターンの露光を行うステップと、前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像するステップとを

(5)

特開平11-354409

10

値える。

【0046】

【作用】本発明の照明装置においては、光源から射出された照明光が密閉空間内を通過する際に、照明光の波長や密閉空間内の流体の状態に依存して、当該流体により照明光が吸収されて照度が低下する。ここで、密閉空間は照明光の通過する位置により照明光の光路長が異なるように、即ち照明光の吸収率が異なるように構成されているため、当該密閉空間を通過した照明光は部分的に照度の異なる分布をもって被照射面を照明する。本発明では、この性質を利用して、密閉空間内の流体を構成する物質の状態を変化させたり、照明光の波長を変化させたりして被照射面上の照度分布を調整することによって被照射面の照度ムラを相殺し、当該被照射面上に極めて均一性の高い照度分布を得ることが可能となる。

【0047】ここで、密閉空間内に封入する流体で好適なものとしては、例えば酸素を含む混合気体が挙げられる。この場合、酸素の濃度（分圧）を調整したり、酸素の濃度を一定として照明光の波長を変化させたりすることにより、照度分布を変えることができる。気体の濃度は、比較的容易且つ正確に調整することができるので、高精度に照度分布を均一化することが可能となる。

【0048】また、密閉空間は光源と被照射面との間に設ければ良く、その具体例としては、当該密閉空間を備えた補正光学系を独立に設置したり、或いは照明光を被照射面へ指向させるレンズ群内に形成される空間の一部を利用して良い。このように、本発明の照明装置においては、その光源やレンズ群の構成、被照射面の位置関係や照度分布の度合い等に対応して、場合に応じて様々な部位に最良の形態の密閉空間を設けることができ、きめ細かな照度分布調整が可能となる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、本発明をステッパーと称される縮小型の投影露光装置に適用したいくつかの好適な実施形態について説明する。

【0050】（第1の実施形態）先ず、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態のステッパーの主要構成を示す模式図である。このステッパーは、所望のパターンが描かれたレチクル11に照明光を照射するための照明装置20と、レチクル11を通過した照明光が入射して当該レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影するための投影光学系12と、ウェハ13が載置固定されるウェハチャック14と、ウェハチャック14が固定されるウェハステージ15とを有している。

【0051】照明装置20は、照明光をレチクル11上の所定部位に指向させるための光学系と、ウェハ13の表面における照明光の照度分布を調整するための照度ムラ調整部とを有している。

【0052】前記光学系は、紫外線や遠紫外線等の短波

長光。ここでは照明光としての高強度のArFエキシマレーザー光を発する光源1と、光源1からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段2と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを2次元的に配置されてなるオプティカルインテグレータ3と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オプティカルインテグレータ3により形成された2次光源の位置近傍に配置された絞り部材4と、絞り部材4を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ5と、ハーフミラー6と、例えば4枚の可変ブレードにより構成され、レチクル11の共役面に配置されてレチクル11の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド7と、ブラインド7で所定形状に決定された照明光をレチクル11の表面に投影するための結像レンズ8と、結像レンズ8からの照明光をレチクル11の方向へ反射させる折り曲げミラー9と、レチクル11と折り曲げミラー9との間に配置されており、後述するように混合気体が封入されて照明光の吸収が行われる補正光学系10とを有している。

【0053】前記照度ムラ調整部は、ハーフミラー6により反射された照明光の一部を測定することにより間接的にウェハ13の表面の照度をモニターする露光量モニター17と、ステージ15上に設けられており、ステージ15を移動させて照射面上に持ってくることにより直接ウェハ13の表面上の照度や照度分布を測定する照度測定器16と、照度測定器16及び露光量モニター17からの情報に基づいて照度分布を数値的に検出する照度ムラ検出回路18と、照度ムラ検出回路18の検出結果に基づいて補正光学系10を制御して、ウェハ13の表面における照度分布を均一となるように調整する露光ムラ補正回路19とを有して構成されている。

【0054】以上のように構成されたステッパーを用い、レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影する動作について説明する。

【0055】先ず、光源1から発した照明光は、ビーム形状変換手段2で所定形状に変換された後、オプティカルインテグレータ3に指向される。このとき、その射出面近傍に複数の2次光源が形成される。この2次光源からの照明光が、絞り部材4を介してコンデンサーレンズ5で集光され、ハーフミラー6を通過してブラインド7で所定形状に決定された後に結像レンズ8を介して折り曲げミラー9で反射し、補正光学系10に入射する。

【0056】続いて、補正光学系10を介した照明光が、レチクル11のパターンを通過して投影光学系12に入射する。そして、投影光学系12を通過して前記パターンが所定寸法に縮小されてウェハ13の表面に投影され、露光が施される。

【0057】ここで、ウェハ13の表面には照明光の照度ムラが生じる場合がある。この照度ムラは、前述したような様々な要因（装置固定のもの）の他に、照明状態の変更（例えば絞り部材4の変更）によっても発生し、

11

また経時変化によるものもある。補正光学系10は、これらを要因とする照度ムラを補正するためのものである。即ち、照度測定器16及び露光量モニター17からの情報に基づいて（ここで、照度ムラ測定時には露光量モニター17の出力をリファレンスとして用いる場合もある。）算出されたウェハ13表面の照度分布を用い、露光ムラ補正回路19が補正光学系10を駆動して当該照度分布が均一となるように調整する。

【0058】以下、補正光学系10による照度分布補正の原理を図2を用いて説明する。この図2は、あるArFエキシマレーザー光の波長強度分布の測定結果の一例を示す特性図である。図中実線が光路中を窒素で満たした場合の波長強度分布を、破線が光路中1.5mを空気で満たした場合の波長強度分布を表している。窒素雰囲気中と空気中とで強度差が生じない波長では空気による吸収は殆ど生じることなく、逆に例えば193.3nm近傍のように窒素雰囲気中と空気中で強度の差が大きい波長では空気による吸収が大きいということが分かる。この吸収の差は殆どが酸素によるものと考えられる。

【0059】従って、酸素、窒素間における吸収差が生じる範囲の波長、具体的には192nm～194nm程度の範囲内の所定波長を選択し、光路中の酸素濃度（又は空気の濃度）を変えることにより、任意の光吸収を得ることができる。即ち、光路終端部近傍で光量を任意に減衰させることが可能となる。

【0060】この原理を利用した補正光学系10の具体例を図3に示す。ここでは、照度ムラの傾斜成分（傾きムラ）を補正しており、簡単のため、補正光学系10がレチクル11の表面近傍に配置されているとして説明する。図3では、補正光学系10は、例えば石英の平行平面板等の光透過部材10c、10d、10eにより2つの部屋（密閉空間）10a、10bに仕切られており、部屋10aには通気孔31a、31bが、部屋10bには通気孔32a、32bが設けられて、これらの通気孔によりそれぞれの部屋の混合気体成分の比率を独立して制御するように構成されている。混合気体は、窒素と酸素、又は窒素と空気から構成されている。光透過部材10dは、図示の如く入射する照明光La、Lb、Lcの入射面に対して傾斜した平面構造のものである。各部屋10a、10bの酸素濃度を制御することにより、被照射面での照度分布が補正される。

【0061】ここで、光露1のArFエキシマレーザー光について、酸素に対して若干の吸収がある波長が選択される。酸素及びクリーンエアなどの空気に対して全く吸収が生じない波長の場合、本実施形態に示すような照度ムラの補正を行うことはできない。

【0062】通常、照度分布を補正しない場合には、図3に示す2つの部屋10a、10bは窒素で満たされている。今、補正光学系10の先入射面（図中上側）での照度分布が図4（a）で示すように平坦な（傾斜ムラが

(7)

特開平11-354409

12

無い）状態だったとする。このとき、部屋10a、10bとも窒素で満たされている場合には、光の吸収は起きないので、補正光学系10の光射出面での照度分布形状は図4（b）のように平坦のままである。仮に窒素により若干の光吸収が起きたとしても、照明光La、Lb、Lcの照明光に対して吸収率は同一であるため、分布形状は平坦のままとなる。

【0063】今、部屋10bの窒素を一部酸素（又は空気）に置換する。すると、部屋10bを照明光が通過することにより光吸収が発生する。部屋10bを通過する際の照明光La、Lb、Lcの距離はLa<Lb<Lcであるため、それぞれ吸収される量に差異が生じ、補正光学系10の光射出面での照度分布は図4（c）のように右肩下りの分布になる。この傾きは部屋10bの酸素濃度に依存する。

【0064】図4（d）は、部屋10b内を窒素で満たした状態で部屋10a内の酸素濃度を増加させた場合の照度分布を示す特性図である。このように、部屋10a、10bのうち少なくとも一方の酸素濃度を適切に制御することにより、光射出面での傾きムラを任意に変えることができる。

【0065】補正光学系10を設けることで得られるこのような性質を利用して、様々な要因によりウェハ13の表面で照度分布が不均一となる場合、例えば図4

（c）のような分布となるときには図4（d）のような調整を行うことにより、不均一な照度分布が相殺されて例えば図4（a）のように均一な分布が達成されることになる。勿論、図4（d）のような場合には図4（c）のような調整を行えばよい。

【0066】本実施形態では、補正光学系10を2つの部屋（密閉空間）に仕切る光透過部材10dを図3の紙面に対して平行な方向に傾けているが、紙面に対して垂直な方向に傾けてその方向に照度ムラを補正してもかまわない。光透過部材10dを傾ける方向は任意であり、例えば傾ける方向を任意に回転させて、その方向に照度ムラを補正するようにしても良い。もちろん、図3に示すような補正光学系を2つ以上配置し、複数の方向への傾きムラ補正をそれぞれ独立に行うことも好適である。

【0067】照度ムラの補正光学系の別の形態を図5に示す。この別の形態における補正光学系101は、部屋101a、101bを仕切る透過部材101dが平行平面板ではなく曲面形状を有している。補正光学系101内の部屋101aは、中心部分が光軸方向に対して薄く、周辺部分が厚くなっている。それに対して、部屋101bは中心部分が厚く、周辺部分が薄くなっている。部屋101aには通気孔102a、102bが、部屋101bには通気孔103a、103bがそれぞれ設けられており、これらの通気孔により混合気体成分の比率を制御する。

【0068】図6は、補正光学系101において、各部

(8)

特開平11-354409

13

屋101a, 101bの酸素濃度を変えたときの照度分布を示している。

【0069】今、補正光学系101の光射出面(上面)での照度分布が図6(a)で示すように平坦な状態だったとする。このとき、各部屋101a, 101bとも窒素で満たされている場合は、光の吸収は起きないので、補正光学系101の光射出面での照度分布は図6(b)のように平坦なままである。仮に窒素により光吸収が起きたとしても、照明光Ld, Le, Lfに対して吸収率は同一であるため、分布形状は平坦のままとなる。

【0070】ここで、部屋101b内の窒素を一部酸素(又は空気)に置換する。すると、部屋101bを照明光が通過することにより光吸収が発生する。部屋101bを通過する際の照明光Ld, Le, Lfの距離は、中心部の照明光Leの方が周辺部の照明光Ld, Lfより長いためそれぞれ吸収される量に差が生じ、補正光学系101の光射出面での照度分布は図6(c)のように中心が低い分布になる。この照明光の吸収率は部屋101b内の酸素濃度に依存する。

【0071】図6(d)は、部屋101b内を窒素で満たした状態で部屋101a内の酸素濃度を増加させた場合の照度分布を示す特性図である。このように、各部屋101a, 101bの酸素濃度を適当に制御することにより、光射出面での周辺照度の比率(対中心照度)を変えることができる。

【0072】以上説明したように、第1の実施形態のステッパーにおいては、光源1から射出された照明光が補正光学系10(101)を通過する際に、当該補正光学系10(101)内の酸素(又は空気)により照明光が吸収されて照度が低下する。ここで、補正光学系10(101)は照明光の通過する位置により前記照明光の光路長が異なるように、即ち酸素による吸収率が異なるように構成されているため、当該補正光学系10(101)を通過した照明光は部分的に照度の異なる分布をもって被照射面であるウェハ13の表面を照明する。本実施形態では、この性質を利用して、補正光学系10(101)内の酸素濃度を変化させ、被照射面上の照度分布を調整することによって被照射面の照度ムラを相殺し、当該被照射面上に極めて均一性の高い照度分布を得ることが可能となる。従って、このステッパーによれば、極めて均一性の高い照度分布で露光が可能となるため、高精度の微細加工に寄与することになる。

【0073】なお、本実施形態において、雰囲気成分の置換は屈折率差が小さいものについて行うのが望ましく、例えば、真空、窒素、空気、酸素、アルゴン、ヘリウム、水素等との置換が望ましい。但し、屈折率差が問題にならないような光学系の場合はこの限りではなく、例えば水と空気の置換等もあり得る。

【0074】また、本実施形態では、光源1としてArFエキシマレーザー、吸収物質として酸素を例として用

14

いているが、例えばF₂レーザーを光源として用い、吸収気体として任意のものを選んでもよい。もちろん、雰囲気成分の湿度のみを変えて制御を行ってもよい。

【0075】ここで、第1の実施形態のいくつかの変形例について説明する。なお、第1の実施形態のステッパーを構成する各部材等と同一のものについては同一符号を記して説明を省略する。

【0076】-変形例1-

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

先ず、変形例1について説明する。ここでは、図3や図5に示すような補正光学系10(101)を設ける代わりに、コンデンサーレンズ5のレンズ鏡筒内において、各レンズ間の密閉空間内に存する酸素(又は空気)を置換する。即ち、図7に示すように、コンデンサーレンズ5を構成するレンズ5a, 5b, 5cにおいて、レンズ5a, 5b間及びレンズ5b, 5c間には密閉空間5d, 5eが形成される。レンズ5a, 5b, 5cの形状から、光源1からの光束は、その通過位置によって密閉空間5d, 5eを通過する距離が異なる。変形例1では、この性質を利用して、密閉空間5d, 5eに設けられた通気孔41a, 41b及び42a, 42bにより、密閉空間5d, 5e内の酸素(又は空気)濃度を調整して、補正光学系10を設けた場合と同様に被照射面における照度分布を均一に調整する。

【0077】なお、均一な照度分布を達成するには、図3や図5で示したように、被照射面近傍に補正光学系を設けた場合が最も効果があるが、被照射面の各点に入射する光束間において、照明光の吸収に差異があれば照度分布に差が生じるため、光源1から被照射面までの任意の光学系を置換できる(酸素濃度等の制御ができる)状態にして照度分布の補正を行ってもよい。もちろん複数の光学系で補正を行うことも好適である。

【0078】-変形例2-

次いで、変形例2について説明する。ここでは、図3や図5に示すような補正光学系10(101)に加えて、光源1からの光の照度自体を制御する。

【0079】従来は、光源1からの光量を調整する場合、図8に示すように、光路中に透過率の違う複数のNDフィルター21a~21hが円弧状に設けられたターレット21を配置し、このターレット21を回転させて所望の光量に対応するNDフィルターを選択することで、光量の制御を行っていた。しかしながらこの場合、光量の制御はNDフィルターの数に依存し、必然的に非連続的な制御しかできない。

【0080】この変形例2では、図9に示すように、内部の酸素濃度が可変とされたチャンバー22を用いて酸素濃度を変化させることにより光量の制御を行う。このチャンバー22は、例えば図1中の光源1とビーム形状変換手段2との間に設けられる。光源1からの照明光は外気と遮断されたチャンバー22を通過し、前述の光学系を介してウェハ13の表面に指向される。チャンバー

15

22は、入射光線が十分に透過する材質からなる平行平面板22a、22cにより外気から遮断されており、通気孔51a、51bによりその内部22bの酸素濃度を制御するものである。

【0081】このチャンバー22を用いることにより、酸素濃度を制御して光吸収を発生させ、内部22cから射出される光束の強度を制御することができる。チャンバー22は補正光学系10と同様に露光ムラ補正回路19により制御され、照度測定器16や露光量モニター17で照度がモニターされて必要に応じてチャンバー22の内部22bの酸素濃度が制御されることになる。従って、チャンバー22を補正光学系10と併用することにより、更にきめ細かな照度分布制御が可能となる。勿論、必要に応じて、補正光学系10と併用することなく、チャンバー22を単独で設けて光量制御を行うことも可能である。

【0082】(第2の実施形態) 続いて、本発明の第2の実施形態について説明する。第1の実施形態では、光源の波長を変えずに酸素等の比率を変えることで照度ムラを補正したが、第2の実施形態では、補正光学系内の酸素等を一定の比率にしておき、光源の波長を振ることにより照度分布を変える場合について例示する。なお、第1の実施形態のステッパーを構成する部材等と同一のものについては同一符号を記して説明を省略する。

【0083】図10は、第2の実施形態のステッパーの主要構成を示す模式図である。このステッパーは図1に示す第1の実施形態のそれと略同様の構成を有するが、第2の実施形態では露光ムラ補正回路19が光源1とも接続されている。

【0084】図2に示したように、酸素(空気)に対する光源1からの光の吸収率はそれぞれの波長で微妙に違う。例えば、ある波長では空気と窒素に対する吸収率は全く変わらず、またある波長では両者に大きな差があり、これらの間で波長を変化させることにより前記吸収率を連続的に変化させることができる。

【0085】従って、例えば図3の補正光学系10の部屋10aには酸素を一定濃度となるように入れておき、部屋10bは窒素で満たした状態として、光源1の波長を例えば192nm～194nmの範囲内で変化させることにより照度分布を連続的に変化させることが可能である。この性質を利用して、露光ムラ補正回路19により光源1からの照明光の波長を制御することで、第1の実施形態の場合と同様にウェハ13の表面における照明光の照度分布を均一に調整することができる。

【0086】この第2の実施形態のステッパーにおいては、光源1から射出された照明光が補正光学系10を通過する際に、照明光の波長に応じて当該補正光学系10内の酸素(又は空気)により照明光が吸収されて照度が低下する。ここで、補正光学系10は照明光の通過する位置によって照明光の光路長が異なるように、即ち照明

(9)

特開平11-354409

16

光の吸収率が異なるように構成されているため、当該補正光学系10を通過した照明光は部分的に照度の異なる分布をもって被照射面であるウェハ13の表面を照明する。本実施形態では、この性質を利用して、補正光学系10内の酸素濃度を所定の一定値に保ちながら、光源1の波長を変化させることにより、被照射面上の照度分布を調整することによって被照射面の照度ムラを相殺し、当該被照射面上に極めて均一性の高い照度分布を得ることが可能となる。従って、このステッパーによれば、極めて均一性の高い照度分布で露光が可能となるため、高精度の微細加工に寄与することになる。

【0087】なお、本発明は上述した第1及び第2の実施形態や諸変形例に限定されるものではない。例えば、第1及び第2の実施形態の双方を考慮し、補正光学系10内の酸素濃度の比率を変えつつ光源1からの光の波長も変えるような複合方法も考えられる(便宜上、図10にはその旨にも対応できるような構成が示されている。)。この手法によれば、更にきめ細かな照度分布制御が可能となるため、より正確に均一な照度分布が得られ、更なる微細加工にも十分に適用することができる高精度のステッパーが実現される。

【0088】以上、被照射面での照度分布を制御し、均一な照明分布を達成する方法を述べてきた。しかしながら、現在主流になりつつある走査型露光装置の場合は必ずしも被照射面の全面を均一にする必要はない。走査型露光装置に本発明を適用する場合では、走査露光した結果に露光ムラがなければ良いため、走査方向へのムラはある程度無視できる。また、走査方向への偏光量が各々の位置(走査と直交する方向の各位置)について同じであればよく、従って走査方向と直交する方向へのみ照度分布を可変とすることで足りる。

【0089】次に、図1、図10を用いて説明した投影露光装置を利用した半導体装置(半導体デバイス)の製造方法の一例を説明する。

【0090】図11は、半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等の製造工程のフローを示す。まず、ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウェハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と称され、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検

(10)

特開平11-354409

17

査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0091】図12は上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した投影露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0092】この製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に製造することができる。

【0093】

【発明の効果】本発明の照明装置によれば、光学系の偏心等を行うことなく、被照射面における照度ムラを小さく抑えて均一な照度分布を達成することを可能となる。

【0094】また、この照明装置を用いて投影露光装置を構成すれば、極めて均一性の高い照度分布で露光が可能となり、近時における更なる高精度の微細加工化の要請を十分に満たし、高信頼性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施形態のステッパーの主要構成を示す概略図である。

【図2】ArFエキシマレーザーの各波長における空気による吸収を測定した特性図である。

【図3】補正光学系の一構成例を示す概略断面図である。

【図4】図3の補正光学系を用いて照度調整をした場合の照度分布を示す特性図である。

【図5】補正光学系の他の構成例を示す概略断面図である。

*

18

*【図6】図5の補正光学系を用いて照度調整をした場合の照度分布を示す特性図である。

【図7】第1の実施形態の変形例1において、本発明をコンデンサーレンズのレンズ鏡筒に適用した一例を示す概略断面図である。

【図8】従来のステッパーへの入射光量を変える手段を示した模式図である。

【図9】第1の実施形態の変形例2において、ステッパーへの入射光量を変える手段を示す概略断面図である。

10 【図10】本発明に係る第2の実施形態のステッパーの主要構成を示す概略図である。

【図11】本発明に係るステッパーを用いた半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

【図12】図11の工程中のウェハプロセスを更に詳細に示すフローチャートである。

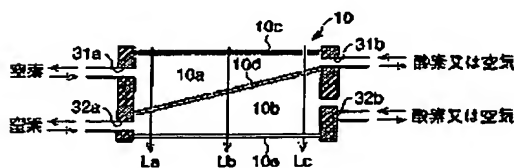
【図13】従来のステッパーの主要構成を示す概略図である。

【符号の説明】

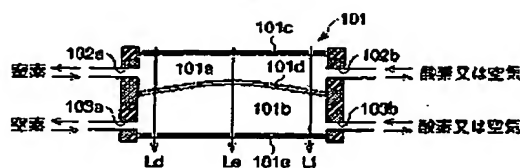
- 1 光源
- 20 2 ビーム形状変換手段
- 3 オプティカルインテグレータ
- 4 絞部材
- 5 コンデンサーレンズ
- 6 ハーフミラー
- 7 ブラインド
- 8 結像レンズ
- 9 折り曲げミラー
- 10、101 補正光学系

- 11 レチクル
- 12 投影光学系
- 13 ウェハ
- 14 ウェハチャック
- 15 ウェハステージ
- 16 照度測定器
- 17 露光量モニター
- 18 照度ムラ検出回路
- 19 露光ムラ補正回路
- 20 照明装置

【図3】



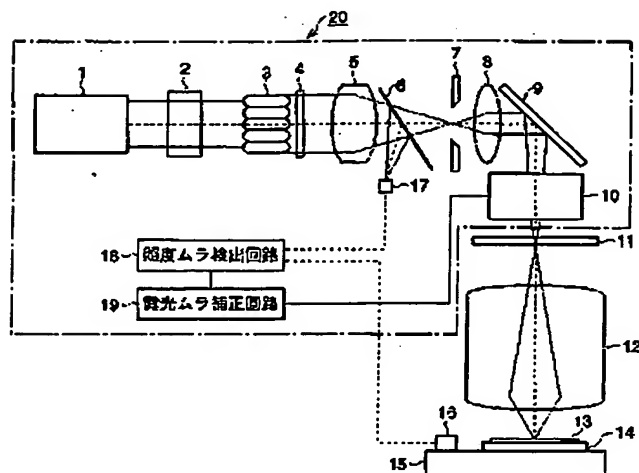
【図5】



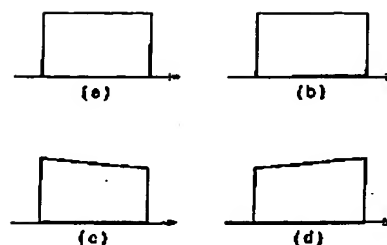
(11)

特開平11-354409

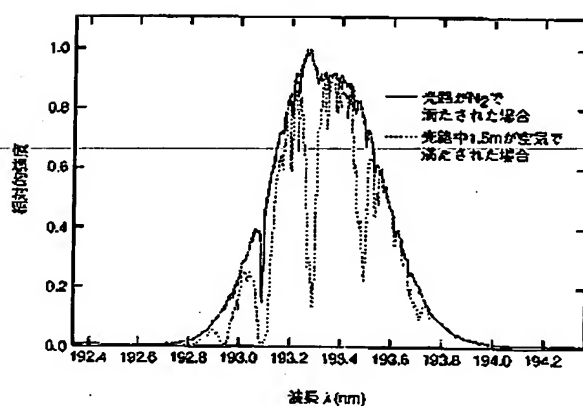
【図1】



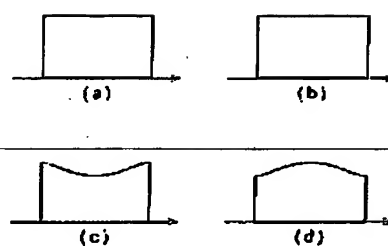
【図4】



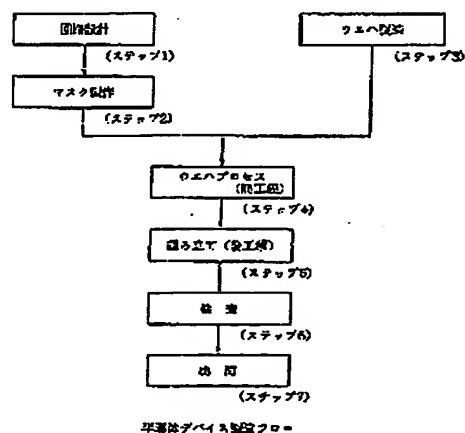
【図2】



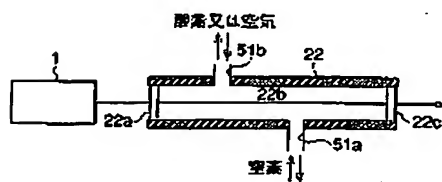
【図6】



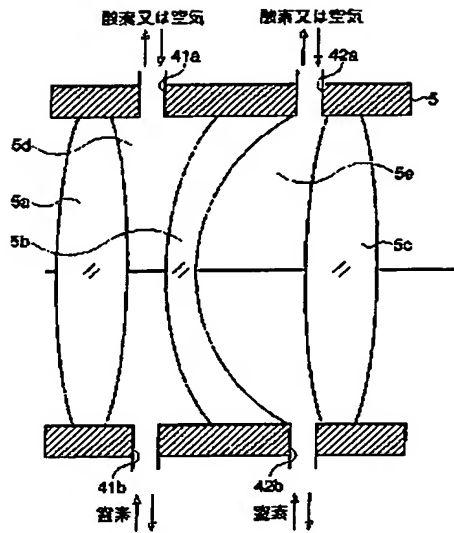
【図11】



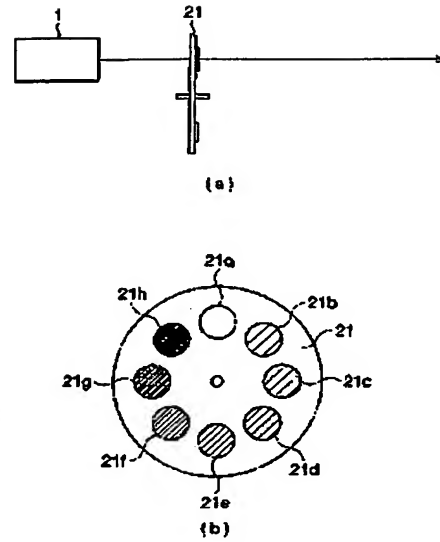
【図9】



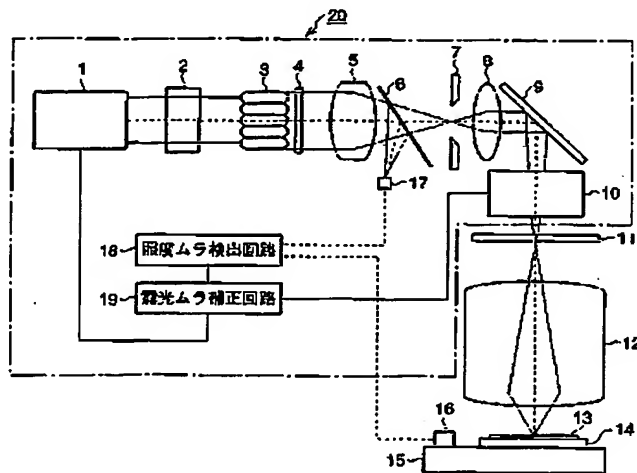
【図7】



【図8】



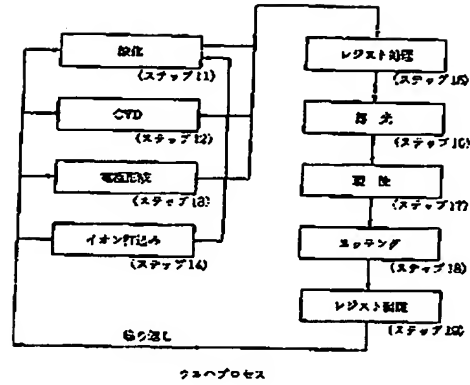
【図10】



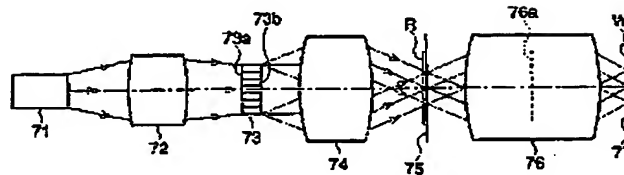
(13)

特開平11-354409

【図12】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.